

# ALGORITMA STRATEGI UNTUK MENGHINDARI RINTANGAN PADA ROBOT SEPAK BOLA

Awang Hendrianto Pratomo<sup>[1,2]</sup>, Mohd. Shanudin Zakaria<sup>[1]</sup>, Anton Satria Prabuwono<sup>[1]</sup>, dan Khiruddin Omar<sup>[1]</sup>

<sup>[1]</sup>Center for Artificial Intelligence Technology, Fakulti Teknologi dan Sains Maklumat, Universiti Kebangsaan Malaysia  
e-mail : awang.upn@gmail.com, (msz, antonsatria, ko)@ftsm.ukm.my

<sup>[2]</sup>Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi industry, Universitas Pembangunan Nasional ‘Veteran’ Yogyakarta

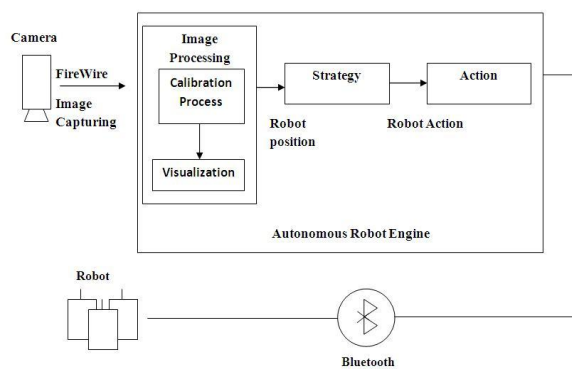
## ABSTRACT

Robot sepak bola merupakan domain yang menarik untuk di kaji pada bidang robot otonom oleh para peneliti dan mahasiswa. Namun demikian untuk pengembangan (penulisan program, pengujian, dan *debugging*) robot didalam domain tersebut merupakan tugas yang tidak mudah. Makalah ini berkonsentrasi pada pengembangan posisi dan algoritma untuk menghindari rintangan pada robot sepak bola. Pada tahapan ini akan mengembangkan strategi pada robot sepak bola seperti pergerakan dasar, tendangan kea rah gawang, dan gol kiper. Formulasi yang digunakan untuk memposisikan dan menghindari rintangan pada robot sepak bola didasarkan pada pendekatan matematik. Formula ini dipergunakan untuk memastikan bahwa gerakan robot adalah tepat dan sesuai pada sasaran. Kecepatan pergerakan robot dihitung untuk mengatur ketepatan robot untuk menghindari rintangan yang ada. Teori mengenai pengaturan posisi dan koordinat robot (x, y) digunakan untuk menemukan rintangan dan menghindarinya. Dalam penelitian ini mempergunakan simulasi dan pengujian untuk mengevaluasi dari penerapan algoritma yang dibuat. Fungsi untuk mensepak, gerakan-gerakan objek, dan menghindari rintangan telah berhasil dilaksanakan. Hasil yang didapatkan dapat dipergunakan sebagai bagian strategi dalam kompetisi robot sepak bola secara keseluruhan.

## 1. Pendahuluan

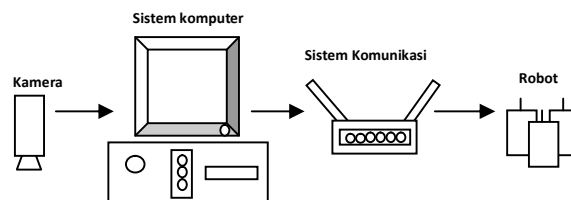
Gagasan diadakannya robot sepak bola pertama kali lahir pada tahun 1995 di Korea Advanced Institute of Science and Technology (Chhabra et al., 2004). Robot sepak bola merupakan salah satu area penelitian yang menarik dalam sistem robot otonom. Robot sepak bola adalah pertandingan lima lawan lima kompetisi robot sepak bola kecil yang secara keseluruhan merupakan robot yang otonom. Robot otonom adalah suatu robot yang mempunyai kemampuan untuk bergerak dan beradaptasi dengan lingkungan sekitar tanpa adanya capur tangan manusia. Robot harus mampu bekerja sama dengan robot-robot lain untuk mencapai satu tujuan yaitu memenangkan pertandingan sepak bola. Dalam pertandingan sepak bola robot, pergerakan dan strategi yang digunakan lawan tidak sepenuhnya dapat diprediksi dengan tepat. Karena adanya unsur persaingan dalam permainan tersebut maka diperlukan suatu tindakan yang bijaksana dan cepat. Untuk itu diperlukan pola permainan yang menarik sehingga pergerakan yang dilakukan oleh robot-robot tersebut tidaklah monoton, dengan demikian diperlukan kolaborasi dan kerja sama diantara robot-robot tersebut. Oleh karena itu diperlukan riset-riset yang mendukung agar bisa memberikan suguhan permainan sepak bola robot yang menyerupai dengan pertandingan sepak bola yang sesungguhnya. Namun, untuk menjaga permainan robot sepak bola yang mendekati dengan permainan sepak bola sebenarnya tidaklah mudah. Aturan-aturan permainan yang digunakan dalam sepak bola manusia juga dipergunakan dalam robot sepak bola. Untuk mencapai tujuan tim robot sepak bola yang otonom, berbagai teknologi harus dimasukkan untuk mengontrol pergerakan robot yang sesuai dengan tujuan yang akan dicapai, sistem terdistribusi, visi komputer, pembelajaran mesin, sistem komunikasi, sensor data gabungan, dan penentuan lokasi dan strategi tim. Guna mencapai hasil yang optimal diperlukan penelitian pada level yang berbeda dan mengikuti berbagai liga yang berbeda (Groen and Vlassis, 2002).

Robot sepak bola adalah pertandingan sepak bola yang dilakukan oleh robot-robot yang berukuran kecil dan dimainkan pada lapangan berukuran meja tenis meja. Setiap tim terdiri dari lima robot. Sebuah kamera diletakkan di atas lapangan dipergunakan untuk mendapatkan gambar yang lengkap dalam permainan robot sepak bola, kamera tersebut mengirimkan data kepada komputer dari tim-tim (tim sendiri dan tim lawan) yang berada di lapangan. Dari model gambar yang diperoleh dilakukan transformasi dari koordinat dunia ke dalam sistem koordinat komputer. Dengan mempergunakan kode warna yang berbeda untuk bola dan warna-warna yang berbeda untuk masing-masing robot untuk memberikan identitas kepada robot tersebut. Kajian ini mempergunakan bola golf warna oranye sebagai objek bola. Model robot menentukan posisi dan lokasi yang sebenarnya dari model dunia yang di transformasikan ke dalam sistem komputer untuk menentukan tindakan-tindakan apa saja yang harus dilakukan oleh robot. Permainan robot sepak bola biasanya sangat cepat dan kacau dikarenakan respon maupun pergerakan robot-robot tersebut.



Gambar. 1: Blok diagram sistem pada sepak bola robot

Terdapat lima subsistem utama dalam sistem robot sepak bola. Gambar 1 menunjukkan blok diagram sistem robot sepak bola tingkat tinggi. 1) Sistem visi mengambil data posisi robot dan rintangan-rintangan maupun objek-objek lain yang ada di sekitarnya. 2) Sistem strategi memutuskan robot mana yang harus bergerak dan menyelesaikan permasalahan yang terjadi serta memilih solusi yang terbaik guna memenangkan pertandingan robot sepak bola. 3) Sistem komunikasi mengirimkan perintah dari CPU kepada robot, dalam hal ini kami menggunakan Bluetooth sebagai media komunikasinya. 4) On-board kontrol sistem memproses data yang diterima dari sistem komunikasi serta mengeksekusi perintah-perintah yang diperlukan. 5) Sistem Robot mengendalikan unsur mekanik pada robot yaitu pergerakan motor robot untuk menentukan pergerakan yang diperlukan (Novak, 2002).



Gambar 2: Konfigurasi Sistem

Gambar 2 menunjukkan konfigurasi sistem pada robot sepak bola. Bagian pertama sistem ini adalah sistem visi. Sistem Visi menggunakan kamera yang terpasang 2,8 m di atas lapangan. Kamera dipergunakan untuk mengambil gambar dari lapangan dan kemudian dikirimkan ke sistem komputer.

Data yang diambil digunakan untuk memisahkan warna dan menentukan gumpalan warna dari gambar yang diambil. Selain itu sistem visi dipergunakan untuk mengidentifikasi dan menentukan robot-robot yang berbeda serta orientasi masing-masing individu robot tersebut. Sistem visi mengambil gambar secara waktu nyata dari *overhead* kamera dan kemudian memproses gambar untuk menentukan posisi dan orientasi dari objek-objek yang berada di lapangan. Tugas ini besar dan berat sehingga diperlukan prosesor yang mampu bekerja secara intensif. Kajian ini harus dioptimalkan untuk memanfaatkan kemampuan prosesor dalam menyelesaikan tugas dengan baik tanpa adanya informasi yang hilang.

Sistem strategi mengikuti setiap pergerakan robot sehingga strategi yang dipilih atau yang dipakai sangat berpengaruh terhadap setiap posisi robot dan rintangan yang terjadi saat di lapangan. Sistem komputer menerima data dari sistem visi guna menentukan jenis strategi yang harus dipilih. Tujuannya adalah menyediakan fungsi strategis ke robot dan menciptakan pola permainan serta pergerakan yang berbeda untuk menyelesaikan setiap skenario yang terjadi selama pertandingan robot sepak bola dan memperoleh kemenangan (Novak, 2002).

Sistem komunikasi dan sistem kontrol *on-board* menerima data dari sistem strategi menggunakan media komunikasi nirkabel (Bluetooth) dari komputer ke robot. Subsistem ini memproses nilai-nilai yang diberikan dari sistem strategi untuk menentukan jarak, arah, dan orientasi sudut pergerakan robot. Sistem ini memperoleh data dari sistem visi, kemudian melalui sistem strategi, dan akhirnya melalui sistem komunikasi untuk para robot dalam melakukan pergerakan yang tepat. Data tersebut diperbarui secara terus-menerus melalui sistem visi waktu nyata dan sistem strategi memilih strategi yang tepat sehingga sistem komunikasi dapat memperbarui setiap gerakan secara efektif. Robot melaksanakan instruksi seperti berhenti, bergerak maju maupun mundur, dan memutar, serta posisi robot yang dideteksi menggunakan kamera. Sistem mekanisme robot akan mengontrol setiap pergerakan robot dalam menyelesaikan tugas (Novak, 2002).

Disain awal pembuatan strategi robot sepak bola adalah gerakan individu dari masing-masing robot untuk menghindari rintangan yang ada tanpa tabrakan. Robot menggunakan sensor visi yang ditangkap dari kamera dan robot dapat bergerak sendiri seperti apa yang diinginkan. Robot menghasilkan parameter kecepatan untuk memindahkan dirinya dari titik awal ke titik sasaran tanpa menabrak objek-objek lain yang ada disekitarnya. Pada setiap langkah diperlukan data input yang diperoleh secara waktu nyata dari sistem visi, kemudian robot menghasilkan referensi linear sudut arah pergerakan dan kecepatan untuk menuju ke titik sasaran. Untuk menghasilkan referensi sudut pergerakan dan kecepatan robot mengambil input data yang meliputi jarak serta sudut antara hambatan, tujuan pergerakan dan tempat-tempat kosong disekitar robot tersebut. Robot mengambil nilai-nilai sebagai berikut : 1) jarak menuju ke tujuan 2) jarak menuju halangan terdekat 3) sudut antara orientasi robot saat ini dan arah menuju ke sasaran 4) sudut antara orientasi robot saat ini dan arah ke rintangan terdekat (Kim et al., 2007). Pada penelitian ini, kami berkonsentrasi pada pengembangan strategi dasar dalam robot sepak bola termasuk bagaimana robot menghindari rintangan yang ada di sekitarnya.

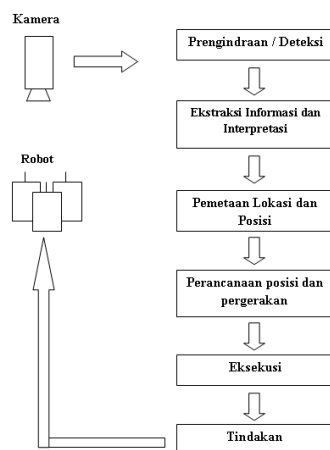
## **2. Analisis Kebutuhan, Metoda, dan Algoritma**

Peralatan yang diperlukan dalam robot sepak bola yaitu : robot otonomi, kamera, komputer, dan akses point Bluetooth. *Mobile robot*, memiliki kamera untuk mendapatkan gambar objek disekitar robot tersebut untuk membuat sketsa pada lingkungan robot. Data gambar didapatkan dari modul pengolahan citra yang harus mendeteksi objek-objek yang ada menggunakan algoritma yang telah ditentukan, kemudian objek-objek tersebut dianalisis dan direkonstruksi. Setelah itu informasi yang telah didapatkan

diekstrak dan ditafsirkan. Hal ini diperlukan untuk mentransformasikan koordinat dunia kedalam koordinat kamera. Koordinat dunia merupakan representasi posisi yang sesungguhnya dari objek-objek yang nyata. Koordinat kamera merupakan representasi dari objek nyata yang berada didalam kamera kemudian dapat diproses dan dianalisa oleh komputer. Sistem koordinat dunia tiga-dimensi tidak bergantung pada posisi sebenarnya dari robot dalam koordinat kamera. Sebagai contoh, titik asal dari robot mulai bergerak serta arah pergerakan dari robot tersebut untuk mengeksplorasi daerah sekitarnya (Kirylov, 2006).

Sistem koordinat kamera tiga-dimensi ditentukan dari titik fokus kamera. Ketika koordinat objek sebenarnya dikenal dalam sistem koordinat kamera, dimungkinkan untuk mendapatkan koordinat nyata. Setelah rekonstruksi objek tiga dimensi selesai, langkah selanjutnya adalah memeriksa dan mengumpulkan data untuk menentukan peta navigasi. Hal ini dapat dikatakan sebagai peta kedudukan bangunan. Penentuan koordinat tiga dimensi dapat menggunakan teknik dua kamera. Setidaknya terdapat dua gambar dari posisi yang berbeda. Dalam teknik dua kamera untuk dapat mendeteksi posisi dari objek yang sebenarnya piksel citra yang mewakili objek yang sebenarnya harus terdeteksi di kedua kamera. Triangulasi stereo memanfaatkan realitas geometris objek untuk menentukan jarak dari titik objek dan dari titik focus (Baharin, 2009). Selain daripada itu, data teknis kamera harus dipertimbangkan untuk mendapatkan estimasi kedalaman objek yang diambil. Dalam penelitian ini, kami tidak mempergunakan teknik dua kamera.

Gambar 3 menunjukkan arsitektur dan skema kontrol robot sepak bola. Perangkat sistem visi mendeteksi setiap tepi mulai dari titik awal hingga titik akhir setiap citra yang diambil, dan diwakili oleh node. Koordinat setiap titik yang dihasilkan akan merepresentasikan titik pada objek yang sebenarnya kedalam kamera. Langkah selanjutnya adalah perencanaan jalur dan pengetahuan posisi robot. Setelah robot mendeteksi semua koordinat, dengan menggunakan informasi yang telah didapatkan sebelumnya, selanjutnya robot akan menentukan arah pergerakan yang harus dilakukan oleh robot tersebut. Pada tahapan ini robot akan menggunakan algoritma yang telah ditetapkan dan kemudian memilih solusi yang terbaik dalam melaksanakan gerakan. Setelah itu, orientasi dari pergerakan robot tersebut akan dikirim ke robot melalui jalur komunikasi Bluetooth untuk menginstruksikan robot dalam gerakan yang sesungguhnya.



Gambar 3. Arsitektur dan skema kontrol robot sepak bola

Memahami konsep dasar pergerakan robot merupakan hal yang paling penting dalam merancang pergerakan robot secara keseluruhan. Sebagian besar aplikasi pada robot berotonomi diperlukan rumus

matematika untuk memastikan bahwa pergerakan robot adalah tepat. Kecepatan robot dihitung untuk mengatur pergerakan dan arah robot. Hal ini terkait dengan sudut kesalahan daripada arah pergerakan robot itu sendiri (Kim et al., 2007). Ini tergantung pada proporsional gain ( $K_p$ ), dimana proporsional gain mengacu pada terciptanya sinyal koreksi yang akan sebanding dengan kesalahan yang ditimbulkan. Dengan cara ini, kita dapat mengetahui derajat balik yang juga meliputi ukuran jarak terhadap semua arah pergerakan robot. Rumus yang dipergunakan untuk menghitung kecepatan adalah sebagai berikut:

$$V_L = K_p \cdot d_e - K_a \cdot \theta_c \quad (1)$$

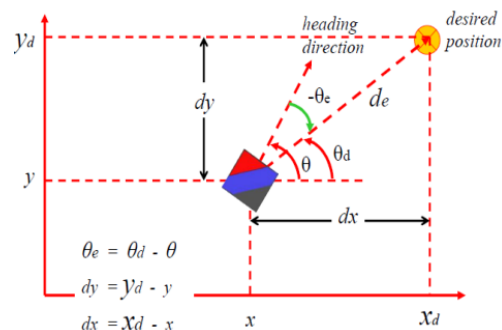
$$V_R = K_p \cdot d_e - K_a \cdot \theta_c \quad (2)$$

Dimana  $K_p$  merupakan gain proporsional.

$K_p$  ditentukan dalam berbagai sudut kesalahan yang berbeda. Hal ini disebabkan karena adanya hubungan antara kesalahan dan sudut kecepatan. Jika  $K_p$  kecil dipergunakan untuk sudut yang kesalahan besar begitu juga untuk sudut kesalahan yang kecil, nilai-nilai kecepatan yang dikirimkan kepada robot lebih kecil daripada nilai-nilai yang diperlukan.

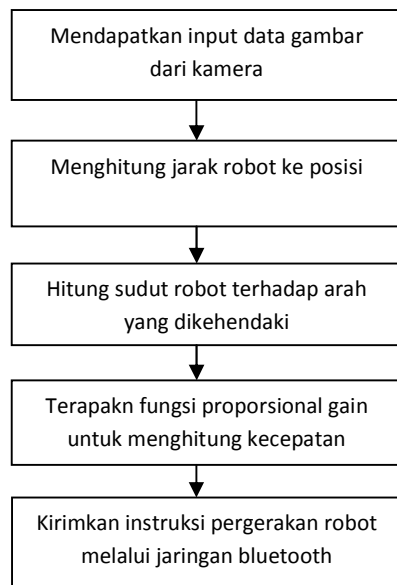
### 3. Algoritma

Yang menjadikan dasar untuk banyak fungsi dalam robot sepak bola adalah keterampilan robot untuk bergerak kedalam berbagai posisi atau memposisikan robot kedalam berbagai arah (Jolly et al., 2009; Siegwart and Nourbakhsh, 2004). pada saat robot tidak mempertimbangkan rintangan maupun objek-objek lain. Dalam kasus ini, kita menerapkan teori posisi seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Ini sangat terkait dengan sudut kesalahan. Hal ini mencakup koordinat robot ( $x, y$ ). Teori yang dipergunakan dalam aplikasi ini sama dengan teori untuk menghitung jarak suatu objek dalam bentuk segitiga (Baharin, 2009).

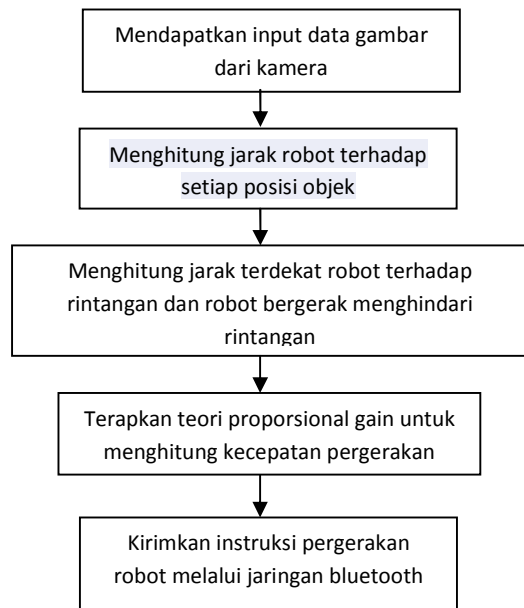


Gambar 4. Teori posisi

Gambar 4 menunjukkan hubungan antara jarak sudut kesalahan dan kecepatan dalam pergerakan robot. Dalam hal ini, hubungan tersebut diatas tergantung pada gain proporsional. **Jika proporsional gain yang dipergunakan lebih besar dan maupun lebih kecil daripada kesalahan jarak, maka nilai kelajuan data yang dikirimkan kepada robot lebih kecil daripada nilai-nilai yang diperlukan.** (If the smaller proportional gain that is used for bigger and small distance error, the velocity data values sent to the robot are smaller than required values.) Dengan demikian, untuk berbagai kondisi yang berbeda kita akan menetapkan gain berbeda juga (Egley et al., 2005). Gambar 5 menunjukkan algoritma posisi yang dipergunakan dalam penelitian ini. Sedangkan algoritma untuk menghindari rintangan terdapat dalam Gambar 6.



Gambar 5 Algoritma Posisi



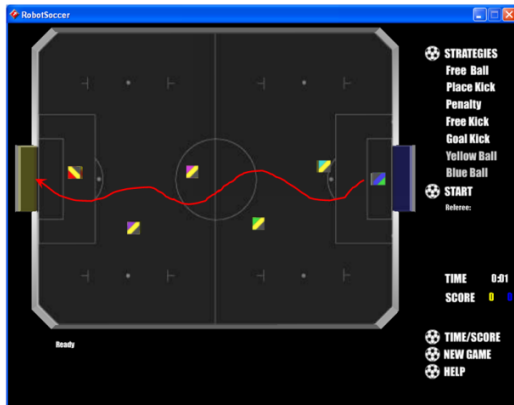
Gambar 6. Algoritma Menghindari Rintangan

Untuk menguji keberhasilan dalam pembuatan strategi menghindari rintangan pada robot sepak bola menggunakan *robot soccer simulator*. Gambar 7 menunjukkan versi 1.5 Robot Soccer Simulator. *Robot soccer simulator* diciptakan oleh seorang dosen dari Australia, Dr Juni Jo (Kim et al., 2007). Simulator tersebut merupakan simulator resmi yang dipergunakan oleh FIRA. Simulator ini dipergunakan untuk menguji strategi sebelum diimplementasikan kedalam robot yang sebenarnya. Untuk melakukan pengembangan strategi robot sepak bola, kami menggunakan perangkat lunak Microsoft Visual Studio (Visual C++) 2008 . Dalam pembuatan strategi ini, kami menghasilkan sebuah file DLL, yang disalin kedalam folder simulator strategi. Properti strategi yang terkait dengan masing-masing robot dapat dipergunakan untuk menunjuk sebuah DLL yang merupakan implementasi strategi yang dipergunakan. Misalkan terdapat fungsi untuk mengontrol pergerakan penjaga gawang yang menentukan perilaku penjaga gawang tersebut. Fungsi lain yang khusus untuk mengontrol striker dan fungsi dari semua fungsi yang ada untuk mengatur pergerakan semua robot sehingga dapat memberikan permainan sepak bola yang menarik. Semua fungsi matematik dapat dipergunakan dalam pengembangan strategi robot sepak bola (Kirylov, 2006)..

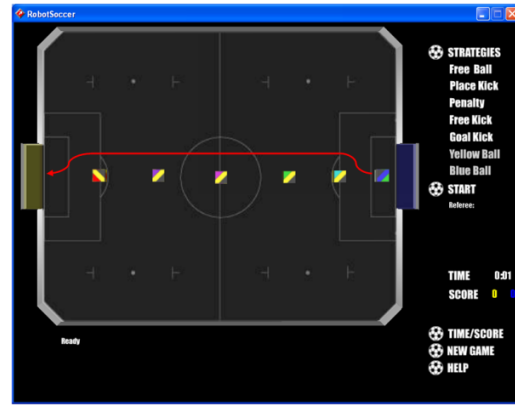


Gambar 7. FIRA Simulator

Pengujian yang dilakukan pada aplikasi robot sepak bola, akan diatur dalam posisi yang telah ditetapkan untuk bergerak dari satu sisi ke bidang sisi lainnya. Apabila terdapat rintangan dalam jalur pergerakan robot tersebut maka robot akan mengambil atau memilih suatu pergerakan berbentuk kurva sedemikian rupa sehingga robot tersebut tidak akan menabrak rintangan yang ada didepannya seperti terlihat dalam Gambar 8 dan 10. Pergerakan robot dalam menghindari rintangan berhasil diuji dengan menerapkan kalkulasi sudut antara robot dengan arah serta posisi yang diinginkan terhadap rintangan yang ada.

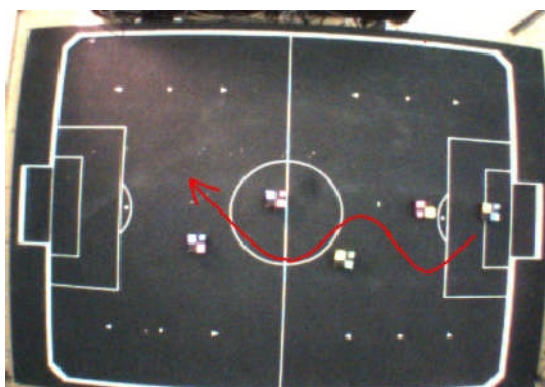


Gambar 8. Robot membentuk kurva untuk menghindari rintangan

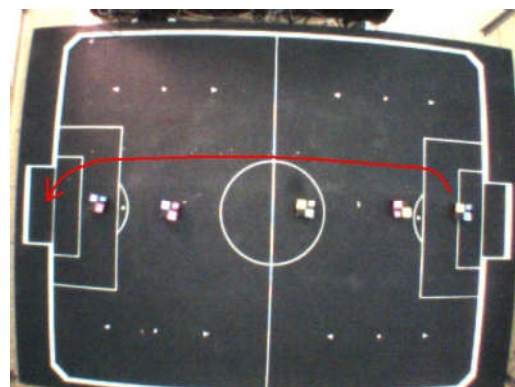


Gambar 9. Robot bergerak lurus setelah menghindari rintangan

Pergerakan robot ditetapkan untuk bergerak ke arah gawang lawan. Dalam Gambar 9 dan 11 rintangan diletakkan dalam satu jalan maupun secara sejajar dengan robot yang akan bergerak. Robot akan bergerak dalam garis lurus untuk menghindari rintangan tanpa menabrak robot lain. Dengan mempergunakan kalkulasi tertentu serta perhitungan derajat pergerakan dan ditambahkan beberapa instruksi tertentu dapat memberikan pergerakan robot yang berbentuk kurva dalam menghindari rintangan.



Gambar 10. Robot membentuk kurva untuk menghindari rintangan dalam pengujian menggunakan *robot engine*



Gambar 11. Robot bergerak lurus setelah menghindari rintangan dalam pengujian menggunakan *robot engine*

#### 4. Pembahasan

Dalam penelitian ini algoritma untuk menghindari rintangan serta kontrol posisi robot sepak bola telah berhasil dikembangkan dan diuji menggunakan simulator maupun mesin robot sepak bola. Formula matematika dan teori posisi diterapkan untuk mendapatkan hasil pengujian yang tepat. Kelajuan robot dipergunakan untuk menghitung kecepatan pergerakan dan arah robot. Hal ini sangat berkaitan erat terhadap sudut kesalahan terkecil. Hubungan ini bergantung pada proporsional gain,  $K_p$  dimana proporsional mengarah kepada penciptaan sinyal koreksi yang sebanding dengan kesalahan. Kita dapat mengatur derajat arah pergerakan juga termasuk didalamnya ukuran jarak untuk semua arah pergerakan robot.

#### 5. Kesimpulan

Perumusan dasar pergerakan robot diperkenalkan melalui beberapa contoh. Formulasi dasar dalam pergerakan robot berbasis pada pendekatan matematis. Pergerakan dasar didalam robot sepak bola yaitu pergerakan robot menghindari rintangan telah berhasil dikembangkan dan dipresentasikan dengan baik. Dengan menggunakan fungsi-fungsi dasar dalam pergerakan robot dapat dikembangkan berbagai strategi lain seperti menendang bola, pergerakan tanpa bola, penjagaan terhadap pemain lawan, dan penjaga gawang. Dalam mengembangkan algoritma menghindari rintangan menggunakan microsoft Visual C++ 2008®. Algoritma fungsi dasar untuk pergerakan robot dalam menghindari rintangan telah berhasil dikembangkan dan diuji menggunakan *Robot Soccer Simulator V1.5A* selain itu strategi ini juga telah diuji menggunakan robot yang sebenarnya. Hasil kajian ini memperlihatkan strategi tersebut dapat dipergunakan sebagai bagian algoritma strategi yang lengkap untuk kompetisi robot sepak bola yang sesungguhnya sehingga dapat membawa kemenangan bagi yang mengembangkan strategi dengan baik.

#### Penghargaan

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada Fakulti Teknologi dan Sains Maklumat Universiti Kebangsaan Malaysia dalam menyediakan fasilitas dan dukungan financial melalui Dana Penelitian Universitas dari Kelompok Riset Pengenalan Pola No. UKM-GUP-TMK-07-02-034. Selain itu tidaklupa kami mengucapkan terima kasih kepada Beh Kheng Aik, Noor Izzati Mohd Nasir, Lai Yi Qing, dan Ruzaini atas kontribusinya dalam penelitian ini.

#### 6. Daftar Pustaka

- Baharin, K.N., 2009. Robotic soccer programming. Astana Digital paper sheet. <http://www.astanadigital.com/>
- Chhabra, M., A. Nahar, A. Mukherjee, A. Mathad and S. Chaudhuri, 2004. Novel approaches to vision and motion control for robot soccer. Proceedings of the National Conference on Advanced Manufacturing & Robotics, India, pp. 68-74. DOI: 10.1.1.132.9022
- Egly, U., G. Novak and D. Weber, 2005. Decision making for MiroSOT soccer playing robots, pp. 69-72. [http://www.tinyphoon.com/rainbow/tinyphoon/Documents/CLAWAR\\_EURON\\_DecisionMaking.pdf](http://www.tinyphoon.com/rainbow/tinyphoon/Documents/CLAWAR_EURON_DecisionMaking.pdf)
- Groen, F., M. Spaan and N. Vlassis, 2002. Robot soccer: game or science. Proceedings of CNR Scientific Conference, pp. 92-98. DOI: 10.1.1.20.1867
- Jolly, K.G., S. Kumar and R. Vijayakumar, 2009. A bezier curve based path planning in a multi-agent robot soccer system without violating the acceleration limits. Robot. Auton. Syst., 57: 23-33. <http://dx.doi.org/10.1016/j.robot.2008.03.009>



- Kim, C.J., M.S. Park, A.V. Topalov, D. Chwa and S.K. Hong., 2007. Unifying strategies of obstacle avoidance and shooting for soccer robot systems. Proceedings of International Conference on Control, Automation and Systems, Oct. 17-20, Seoul, Korea, pp. 207-211. DOI: 10.1109/ICCAS.2007.4406909
- Kim, J-H., K-C. Kim, D-H. Kim, Y-J. Kim and P. Vadakkepat, 1998. Path planning and role selection mechanism for soccer robots. Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation, May 16-20, Leuven, Belgium, pp. 3216-3221. DOI: 10.1109/ROBOT.1998.680920
- Kyrylov, V., 2006. Balancing gains, risks, costs, and real-time constraints in the ball passing algorithm for the robotic soccer. Simon Fraser University, Canada, pp. 304 – 313. DOI: 10.1007/978-3-540-74024-7\_27
- Novak, G., 2002. Multi agent systems - robot soccer. Ph.D. Thesis, Vienna University of Technology, Vienna, Austria. <http://www.tuwien.ac.at>
- Pratomo, A.H., Prabuwono, A.S., Zakaria, M.S., Omar, K., Nordin, M.J., Sharan, S., Abdullah, S.N.H.S., and Heryanto, A., 2010. Position and Obstacle Avoidance Algorithm in Robot Soccer, Int Journal of Computer science 6 [2], ISSN. 1549-3636, pp: 173-179.
- Siegwart, R. and I.R. Nourbakhsh, 2004. Introduction to autonomous mobile robot. The MIT Press Cambridge, Massachusetts, London, England, ISBN: 026219502X, pp: 10-12.